

NASKAH PUBLIKASI ILMIAH

PENGARUH KEDALAMAN PIN (*DEPTH PLUNGE*) TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA PENGELASAN ADUKAN GESEK SISI GANDA (*DOUBLE SIDED FRICTION STIR WELDING*) ALUMINIUM SERI 5083



Disusun Untuk Memenuhi Tugas Dan Syarat – Syarat Guna Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

DAMAS PRASETYANA

NIM : D200 070 055

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2016

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI ILMIAH

Tugas akhir berjudul "**Pengaruh Kedalaman Pin (*Depth Plunge*) Terhadap Kekuatan Sambungan Las Pada Pengelasan Adukan Gesek Sisi Ganda (*Double Sided Friction Stir Welding*) Aluminium Seri 5083**" telah disetujui pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Damas Prasetyana

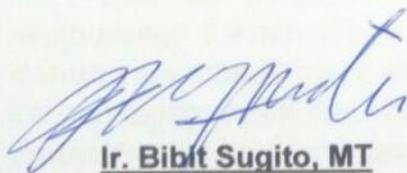
Nim : D200 070 055

Disetujui pada

Hari : Rabu .

Tanggal : 24 -02 -2016 .

Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, MT

Mengetahui,
Ketua Jurusan



Tri Widodo BR., St., MSc., PhD.

PENGARUH KEDALAMAN PIN (*DEPTH PLUNGE*) TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA PENGELASAN ADUKAN GESEK SISI GANDA (*DOUBLE SIDED FRICTION STIR WELDING*) ALUMINIUM SERI 5083

Damas Prasetyana, Bibit Sugito

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosura
Email : damas.prasetyana@gmail.com

ABSTRAKSI

*Pengelasan dalam industri manufaktur memiliki peranan penting pada proses penyambungan logam. Salah satu metode pengelasan logam adalah pengelasan adukan gesek / friction stir welding (fsw). Metode pengelasan friction stir welding yaitu pengelasan dengan memanfaatkan panas yang timbul akibat putaran dari tool yang bergesekan dengan material induk atau benda kerja. Metode friction stir welding ini pada umumnya digunakan untuk menyambung material aluminium. Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui pengaruh kedalaman pembedaman pin (*depth plunge*) terhadap perubahan sifat fisis dan mekanis dari hasil pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*).*

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mesin milling vertikal untuk materialnya Al 5083 dengan dimensi panjang 200 mm x lebar 100 mm x tebal 3 mm sebanyak 6 spesimen. Parameter yang digunakan adalah kecepatan putar spindle 1250 rpm, kecepatan feeding 12,5 mm/mnt, variasi kedalaman pembedaman pin 0,9 mm, 1,9 mm dan 2,9 mm. Setelah proses pengelasan selesai dilanjutkan dengan pengujian tarik, pengujian micro vickers, foto makro dan foto mikro.

*Dari hasil pengujian diketahui tegangan tarik tertinggi pada variasi *depth plunge* 1,9 mm sebesar 177,78 Mpa. Untuk pengujian micro vickers daerah pengelasan mengalami penurunan kekerasan jika dibandingkan dengan logam induk dan daerah HAZ memiliki kekerasan paling rendah. Sedangkan pada pengamatan foto makro pengelasan tersambung dengan baik, tetapi terjadi cacat rongga pada pengelasan dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm. Pada pengamatan foto mikro terjadi pengecilan butiran struktur pada daerah stir zone.*

Kata kunci : Friction Stir Welding, Mesin Milling Vertikal, Al 5083, Depth Plunge

PENGARUH KEDALAMAN PIN (*DEPTH PLUNGE*) TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA PENGELASAN ADUKAN GESEK SISI GANDA (*DOUBLE SIDED FRICTION STIR WELDING*) ALUMINIUM SERI 5083

Damas Prasetyana, Bibit Sugito

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosura
Email : damas.prasetyana@gmail.com

ABSTRACT

Welding in the manufacturing industry has an important role in the process of joining metals. One method of welding metal is friction stir welding / friction stir welding (FSW). Friction stir welding method of welding is welding by utilizing the heat due to rotation of the tool that is rubbing against the parent material or workpiece. Friction stir welding method is generally used to connect the aluminum material. The purpose of this research was to determine the effect of the depth of immersion pin (depth plunge) to changes in physical and mechanical properties of friction stir weld double sides (double sided friction stir welding).

This study was conducted using a vertical milling machine for material Al 5083 with the long dimension of 200 mm x width 100 mm x thickness of 3 mm by 6 specimens. The parameters used are rotational speed 1250 rpm spindle, feeding speed of 12.5 mm / min, immersion depth variation pin 0.9 mm, 1.9 mm and 2.9 mm. After the welding process is completed followed by tensile testing, testing micro vickers, macro image and a micro photograph.

From the test results known to the highest tensile stress on variations plunge depth of 1.9 mm amounted to 177.78 Mpa. For testing micro vickers welding area decreased hardness when compared with the parent metal and HAZ region has the lowest hardness. While in the observation of the macro image of welding is plugged in, but it happens on a welding defect cavity with variations plunge depth of 2.9 mm. In observation of micro photograph happen diminution grain structure in the region stir zone.

Keywords : Al 5083, Depth Plunge, Friction Stir Welding, Vertical Milling Machine

PENDAHULUAN

Pengelasan dalam industri manufaktur memiliki peranan penting pada proses penyambungan logam. Pada hakekatnya proses las atau pengelasan adalah penyambungan dua material atau lebih biasanya material metal yang menyebabkan peleburan diantara material yang disambungkan. Ini biasanya dilakukan dengan cara mencairkan kedua material dan memberikan bahan tambah pada material yang mencair sehingga pada saat material sudah dingin menjadi sambungan permanen yang kuat.

Proses pengelasan dikelompokkan menjadi dua, yaitu : *Liquid State Welding* (LSW) dan *Solid State Welding* (SSW). LSW adalah proses pengelasan logam dengan cara mencairkan dua buah logam induk secara bersamaan, sedangkan SSW merupakan proses pengelasan logam yang dilakukan pada kondisi logam induk tidak mencapai titik leburnya pada saat tersambung. Salah satu metode SSW ini adalah pengelasan adukan gesek / *Friction Stir Welding* (FSW), yaitu pengelasan dengan memanfaatkan panas yang timbul akibat putaran dari *tool* yang bergesekan dengan material induk atau benda kerja

Friction Stir Welding (FSW) sudah banyak diaplikasikan dalam dunia industri, biasanya diaplikasikan untuk menyambungkan material aluminium dan paduannya. Di negara maju telah mengaplikasikan pengelasan FSW ini pada industri pembuatan kapal, kereta api, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, bahkan di dunia otomotif pun sudah

mengaplikasikan metode pengelasan ini

Tetapi untuk mendapatkan kualitas dan kekuatan sambungan yang baik tidak mudah dilakukan. Karena parameter – parameter proses pengelasannya harus disesuaikan dengan jenis sambungan yang diinginkan, material yang disambung, desain dan material *tool*. Dan parameter tersebut sangat berbeda antara yang satu dengan yang lainnya sehingga tidak dapat diaplikasikan pada semua material.

TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis dari hasil pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) dengan cara :

1. Pengujian Kekuatan Tarik.
2. Pengujian *Microvickers Hardness*.
3. Pengujian Makro dan Mikro Struktur

BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini lebih terfokus dan tidak melebar, maka permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Metode pengelasan *friction stir welding* dengan menggunakan mesin milling vertikal.
2. Material yang akan dilas adalah plat aluminium seri 5083 dengan ketebalan 3 mm.
3. Kecepatan putaran *spindel* 1250 rpm dan kecepatan *feeding* 12,5 mm/menit.
4. Kedalaman pembenaman pin (*depth plunge*) 0,9 mm, 1,9 mm dan 2,9 mm.
5. Pengujian dilakukan pada suhu ruang.

TINJAUAN PUSTAKA

Kajian Pustaka

Friction Stir Welding (FSW) adalah salah satu metode pengelasan *Solid State Welding* (SSW), yaitu pengelasan yang berlangsung di bawah titik lebur benda kerja. Proses pengelasan ini ditemukan oleh Wayne Thomas dari *The Welding Institute* dan dipatenkan di *United Kingdom* pada bulan Desember 1991. Sejak diketemukan proses FSW telah mengalami banyak perkembangan melalui berbagai penelitian, baik berupa penelitian tentang parameter *tool*, penelitian parameter proses FSW, penelitian desain sambungan, dan penelitian proses FSW dengan menggunakan material diluar aluminium (Mishra, 2005).

Rajakumar, dkk (2012), di dalam penelitiannya menyebutkan bahwa faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan FSW adalah *welding tool*, kecepatan putar *tool*, kecepatan pengelasan dan kedalaman pembedaman (*depth plunge*). Dengan parameter proses pengelasan yang tepat dapat meningkatkan kekuatan sambungan dan meminimalisir terjadinya cacat.

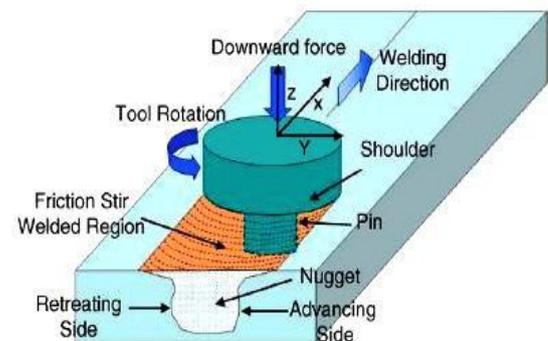
Kumar, (2012), meneliti dengan membandingkan pengelasan adukan gesek sisi tunggal (*single sided friction stir welding*) dengan pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) pada Al 1100 H14, dan hasilnya pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) arah yang sama lebih unggul dalam kekuatan bila dibandingkan dengan pengelasan adukan gesek sisi tunggal (*single sided friction stir welding*). Sedangkan untuk

kekerasan semuanya masih dibawah material logam induk.

Landasan Teori

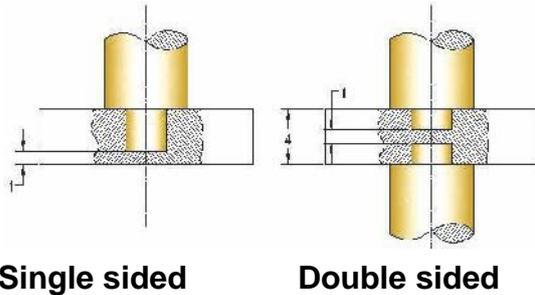
Prinsip Kerja *Friction Stir Welding*

Pada proses *Friction Stir Welding*, sebuah *tool* berupa *cylindrical shoulder* yang dilengkapi dengan pin berputar dan dibenamkan diantara dua buah plat yang akan dilas. Pin harus lebih pendek daripada tebal plat yang akan dilas supaya tidak mengenai alas benda kerja (*backing plate*). Gesekan antara *tool* dengan benda kerja mengakibatkan panas dan melunakkan didaerah sekitarnya. Dengan kondisi lunak ini maka *welding tool* dapat digerakkan di sepanjang jalur pengelasan (*joint line*) sehingga terjadi proses pengelasan. Prinsip kerja FSW ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Kerja FSW

Dalam proses pengerjaannya FSW dibedakan menjadi dua. Pertama proses FSW sisi tunggal (*single sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya hanya pada satu bidang pengelasan, dan yang kedua FSW sisi ganda (*double sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya pada kedua bidang pengelasan. Proses pengerjaan FSW ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses Pengerjaan FSW

Parameter *Friction Stir Welding*

1. *Welding Tool*

Tool adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan sehingga pemilihan *tool* harus tepat. Bahan *tool*, diameter dan profil *shoulder*, profil pin, diameter dan panjang pin perlu diperhatikan secara seksama. Bahan *tool* harus mempunyai titik lebur yang lebih tinggi dari benda kerja supaya tidak ikut meleleh pada saat proses pengelasan.

2. Kecepatan Putar *Tool*

Kecepatan putar dari *tool* mempengaruhi temperatur yang terjadi pada saat proses pengelasan. Semakin tinggi putaran *tool* maka temperatur akibat gesekan yang terjadi akan semakin tinggi.

3. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan juga akan mempengaruhi temperatur pengelasan. Semakin lambat pergerakan *tool* maka temperatur pengelasan yang terjadi akan semakin tinggi dan begitupun sebaliknya.

4. *Depth plunge*

Kedalaman pembenaman (*depth plunge*) adalah kedalaman ujung *pin* di bawah permukaan

benda kerja yang dilas terhadap permukaan benda kerja. *Depth plunge* perlu diperhatikan sedemikian rupa sehingga tidak terlalu dangkal dan terlalu dalam. *Depth plunge* yang dangkal akan mengakibatkan hasil pengelasan tidak sempurna, sedangkan jika terlalu dalam dapat mengakibatkan *pin* bergesekan dengan landasan benda kerja atau anvil.

Aluminium

Aluminium ialah unsur kimia yang terletak pada golongan 13 periode 3. Lambang aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium terbuat dari 66% bauksit dan 33% tanah liat.

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted, tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisasi dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam *non ferro*.

Sifat – Sifat Teknis Aluminium

1. Sifat Fisik Aluminium

Aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik pada beberapa kondisi lingkungan krena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina (Al_2O_3) bila bereaksi dengan oksigen. Struktur kristal yang dimiliki aluminium

adalah struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Untuk lebih lanjut berikut ini tabel sifat fisik aluminium.

Tabel 1. Sifat Fisik Aluminium

Nama, Simbol, dan Nomor	Aluminium, Al, 13
Sifat Fisik	
Wujud	Padat
Massa jenis	2,70 gram/cm ³
Massa jenis pada wujud cair	2,375 gram/cm ³
Titik lebur	933,47 K, 660,32 °C, 1220,58 °F
Titik didih	2792 K, 2519 °C, 4566 °F
Kalor jenis (25 °C)	24,2 J/mol K
Resistansi listrik (20 °C)	28,2 nΩ m
Konduktivitas termal (300 K)	237 W/m K
Pemuai termal (25 °C)	23,1 μm/m K
Modulus Young	70 Gpa
Modulus geser	26 Gpa
Poisson ratio	0,35
Kekerasan skala Mohs	2,75
Kekerasan skala Vickers	167 Mpa
Kekerasan skala Brinell	245 Mpa

2. Sifat Mekanik Aluminium

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium.

Standarisasi dan Pengkodean Aluminium

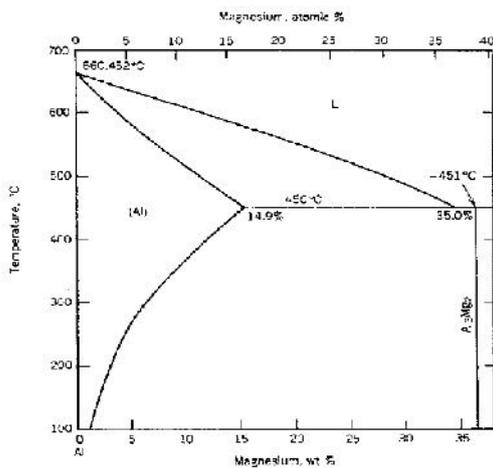
Pengkodean aluminium tempa berdasarkan *International Alloy Designation System* adalah sebagai berikut:

- Seri 1xxx merupakan aluminium murni dengan kandungan minimum 99,00% aluminium berdasarkan beratnya.
- Seri 2xxx adalah paduan dengan tembaga. Terdiri dari paduan bernomor 2010 hingga 2029.
- Seri 3xxx adalah paduan dengan mangan. Terdiri dari paduan bernomor 3003 hingga 3009.
- Seri 4xxx adalah paduan dengan silikon. Terdiri dari paduan bernomor 4030 hingga 4039.
- Seri 5xxx adalah paduan dengan magnesium. Terdiri dari paduan dengan nomor 5050 hingga 5086.
- Seri 6xxx adalah paduan dengan silikon dan magnesium. Terdiri dari paduan dengan nomor 6061 hingga 6069.
- Seri 7xxx adalah paduan dengan seng. Terdiri dari paduan dengan nomor 7070 hingga 7079.
- Seri 8xxx adalah paduan dengan lithium.

Aluminium Paduan 5083

Al 5083 adalah jenis aluminium paduan Al-Mg dengan sifat mampu las dan daya tahan korosi yang baik sehingga sering di aplikasikan di industri perkapalan. Komposisi kimia dari Al 5083 adalah (berat %) 4,73%Mg; 0,7%Mn; 0,14%Si; 0,19%Fe; 0,08%Fr; Al bal.

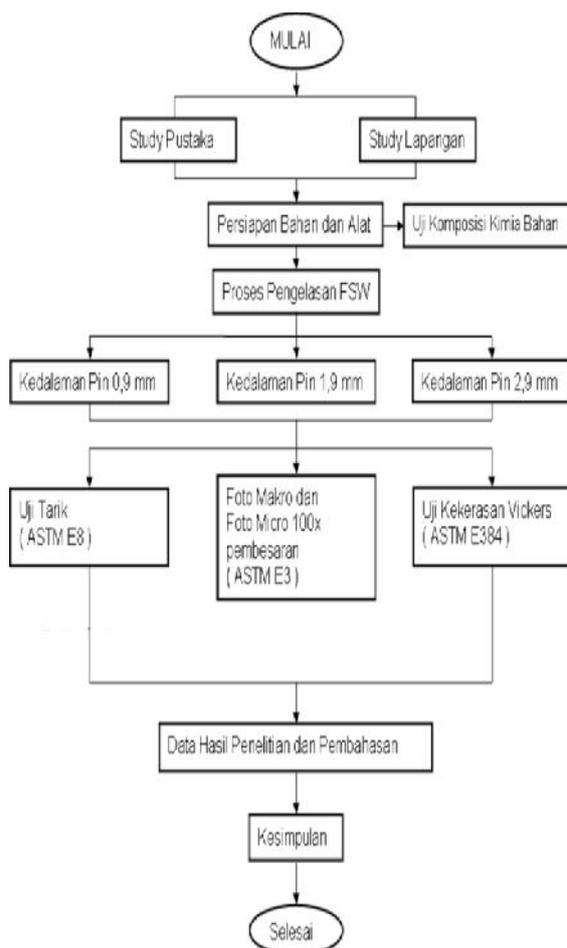
Pada diagram fasa Al-Mg yang di tunjukkan melalui gambar 2.8 terlihat bahwa untuk titik eutektiknya adalah 450° C, 35 % Mg dan batas kelarutan padatnya pada temperatur eutektik adalah 17,4 % Mg, yang menurun pada temperatur biasa kira – kira 1,9 % Mg.



Gambar 3. Diagram Fasa Al-Mg (Totten, 2003)

METODOLOGI PENELITIAN

1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

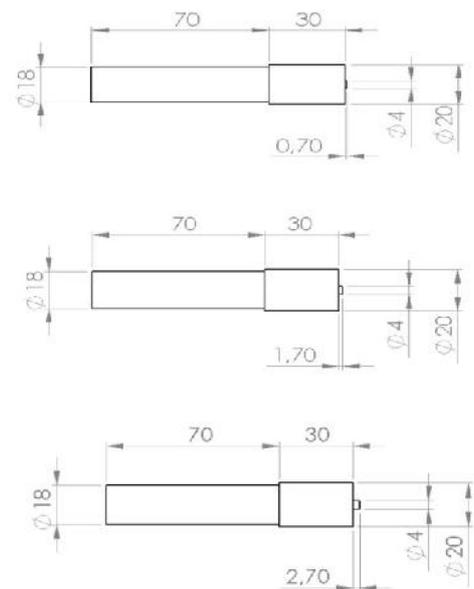
2. Bahan Penelitian

a. Material

Material *base metal* yang digunakan adalah dari jenis pelat aluminium alloy 5083 tebal 3 mm sebanyak 6 buah dengan ukuran 100x200.

b. Tool

Tool terbuat dari material baja Bohler K100. Pada bagian shoulder berdiameter 20mm dan bagian pin berbentuk silinder berdiameter 4mm. Dengan panjang pin 0,7mm, 1,7mm dan 2,7mm.



Gambar 5. Tool Welding

3. Alat Penelitian

a. Mesin vertikal milling



Gambar 6. Mesin Milling vertikal

b. *Mesin Cutting*



Gambar 7. *Mesin Cutting*

c. *Dial indicator*



Gambar 8. *Dial Indicator*

- d. *Jangka sorong*
- e. *Garinda tangan*
- f. *Kikir*
- g. *Amplas*

4. *Alat Uji*

a. *Mesin Uji Tarik*



Gambar 9. *Mesin Uji Tarik*

b. *Alat Uji Kekerasan*



Gambar 10. *Micro Vickers Hardness Machine*

c. *Alat Uji Struktur Makro*



Gambar 11. *Alat uji struktur makro*

d. *Alat Uji Struktur Mikro*



Gambar 12. *Alat uji stuktur mikro*

DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Komposisi Kimia

Hasil uji komposisi kimia dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Data hasil uji komposisi kimia

Unsur	%	Unsur	%
Si	0.1949	Zn	0.0115
Fe	0.3577	Ti	0.0145
Cu	0.0658	Ca	0.0032
Mn	0.0843	P	0.0002
Mg	4.0468	Pb	0.0012
Cr	0.1971	Sb	0.0002
Ni	0.0050	Sn	0.0022
		Al	95.87

Sifat paduan aluminium dipengaruhi seberapa besar material yang dipadukan dengan aluminium murni. Salah satunya Al 5083, aluminium seri ini merupakan paduan aluminium dengan magnesium. Kadar paduan aluminium ini antara lain Al 92,4 – 95,8%; Mg 4 – 4,9%; Cr 0,05 – 0,25%; Mn 0,4 – 1%; Fe max 0,4%; Cu max 0,1%; Si max 0,4%; Ti max 0,15% dan Zn max 0,25% (ASM Material Data Sheet, MatWeb).

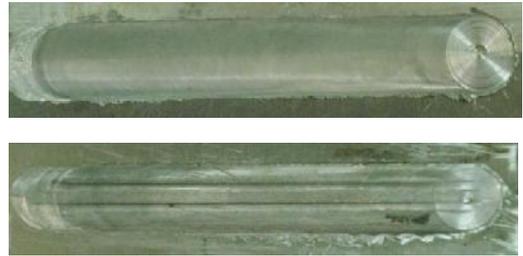
Hasil uji komposisi kimia diatas menunjukkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian ini termasuk pada aluminium seri 5083.

2. Hasil pengelasan

Parameter pengelasan :

- *Rotation speed* : 1250 Rpm
- *Welding speed* : 12,5 mm/ mnt
- Kemiringan tool : 1°
- *Depth plunge* : 0,9 mm, 1,9 mm, 2,9 mm

a. Spesimen I variasi *depth plunge* 0,9 mm



Gambar 13. Hasil pengelasan dengan *depth plunge* 0,9 mm

b. Spesimen I variasi *depth plunge* 1,9 mm



Gambar 14. Hasil pengelasan dengan *depth plunge* 1,9 mm

c. Spesimen I variasi *depth plunge* 2,9 mm



Gambar 15. Hasil pengelasan dengan *depth plunge* 2,9 mm

3. Hasil uji tarik

Pengujian tarik menggunakan standar ASTM E8, dari proses pengujian didapat besaran tegangan tarik dan regangan tarik. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

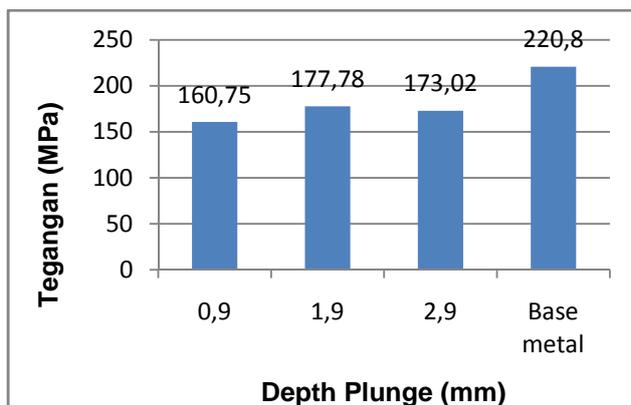
Tabel 3. Tabel Tegangan Hasil Uji Tarik

Depth Plunge (mm)	A_0 (mm ²)	Tegangan (Mpa)			Rata – rata σ (MPa)
		σ_1	σ_2	σ_3	
0,9	18	171,63	164,45	146,17	160,75
1,9	18	132,05	205,17	196,12	177,78
2,9	18	186,56	186,35	146,14	173,02
Base Metal	18	221,95	220,31	220,15	220,80

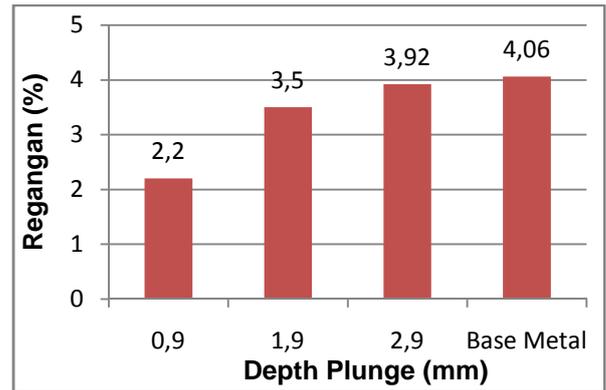
Tabel 4. Tabel Regangan Hasil Uji Tarik

Depth Plunge (mm)	L_0 (mm)	ΔL (mm)	Regangan (%)			Rata – rata ϵ (%)
			ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	
0,9	32	0,70	2,59	2,31	1,71	2,2
1,9	32	1,12	1,07	3,45	4,91	3,5
2,9	32	1,25	3,49	5,96	2,31	3,92
Base Metal	32	1,33	4,38	3,94	3,87	4,06

Dari tabel diatas didapatkan grafik hubungan antara *depth plunge* terhadap tegangan dan regangan tarik.



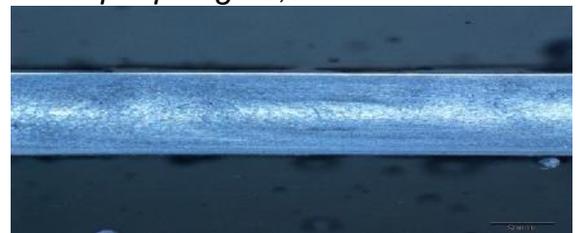
Gambar 16. Grafik tegangan tarik



Gambar 17. Grafik regangan tarik

4. Hasil Foto Makro

- a. Foto makro dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm



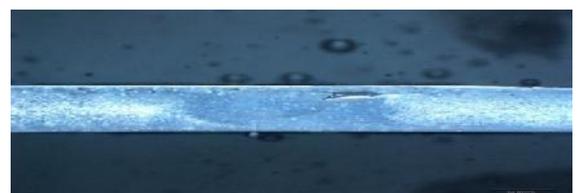
Gambar 18. Hasil foto makro dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm

- b. Foto makro dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm



Gambar 19. Hasil foto makro dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm

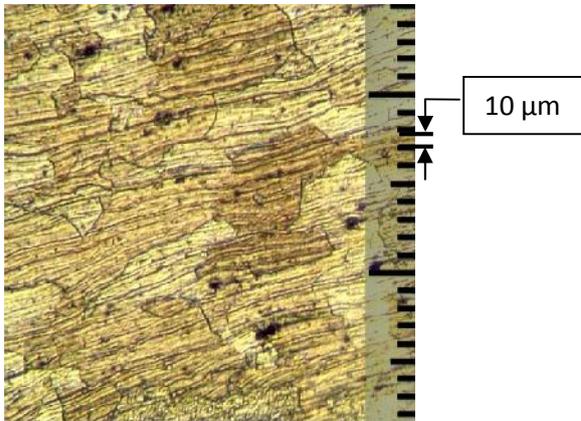
- c. Foto makro dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm



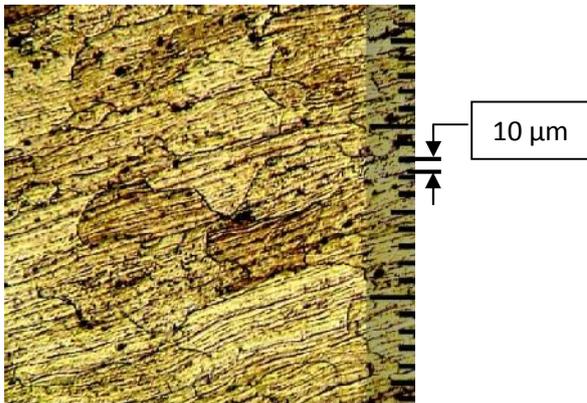
Gambar 20. Hasil foto makro dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm

5. Hasil Foto Mikro

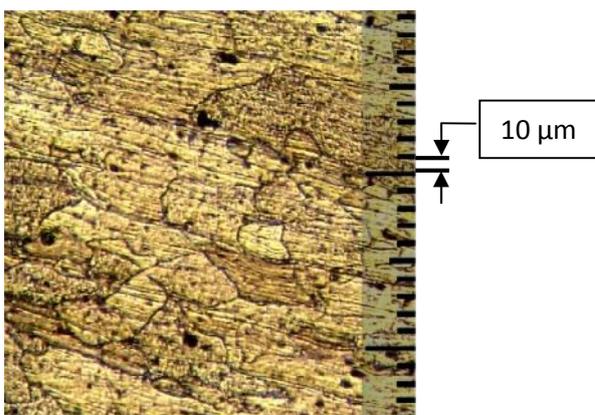
a. Daerah *Base Metal*



Gambar 21. Struktur mikro pada *base metal* dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm

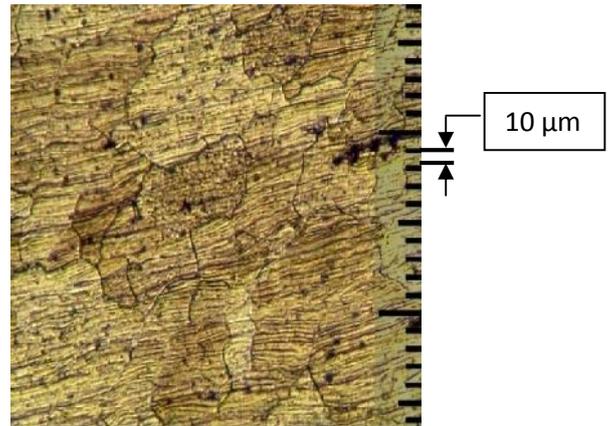


Gambar 22. Struktur mikro pada *base metal* dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm

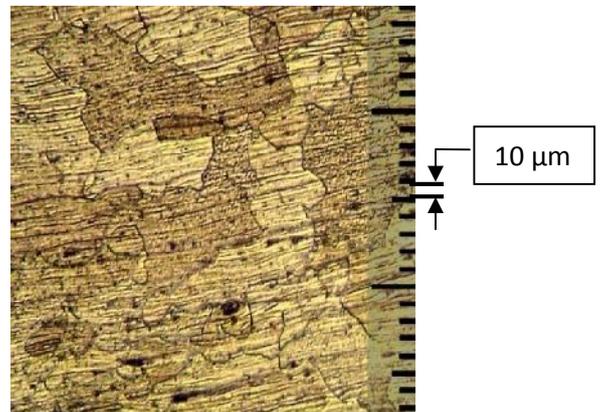


Gambar 23. Struktur mikro pada *base metal* dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm

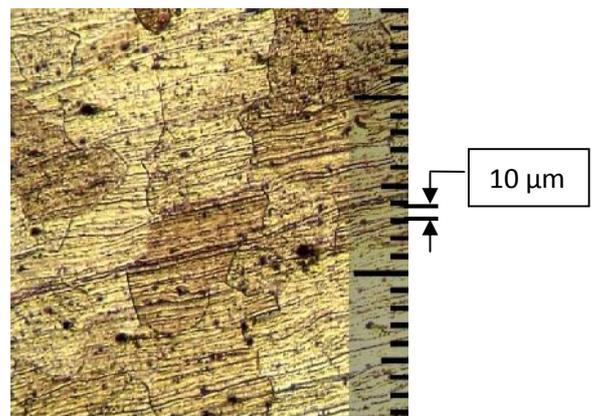
b. Daerah HAZ



Gambar 24. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm

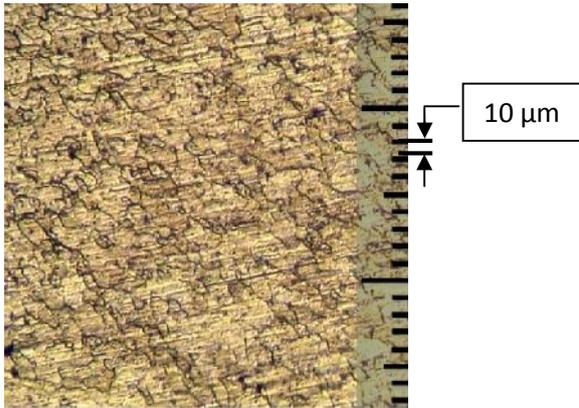


Gambar 25. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm

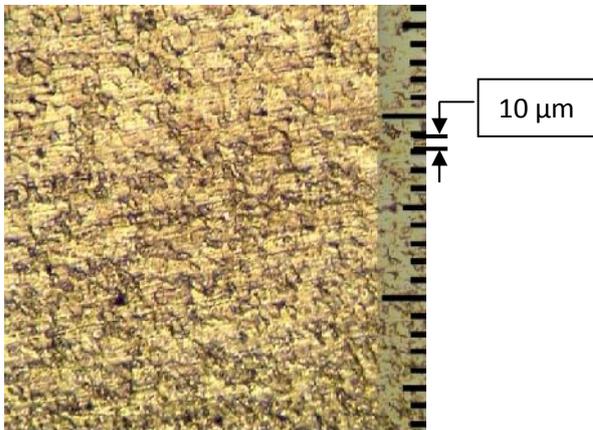


Gambar 26. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm

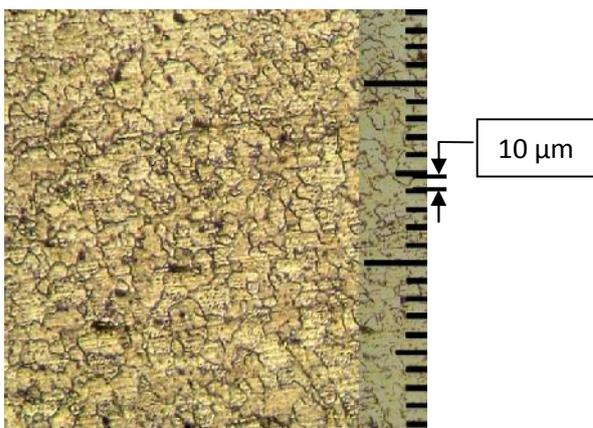
c. Daerah Stir Zone



Gambar 27. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm



Gambar 28. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm



Gambar 29. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm

6. Uji Kekerasan

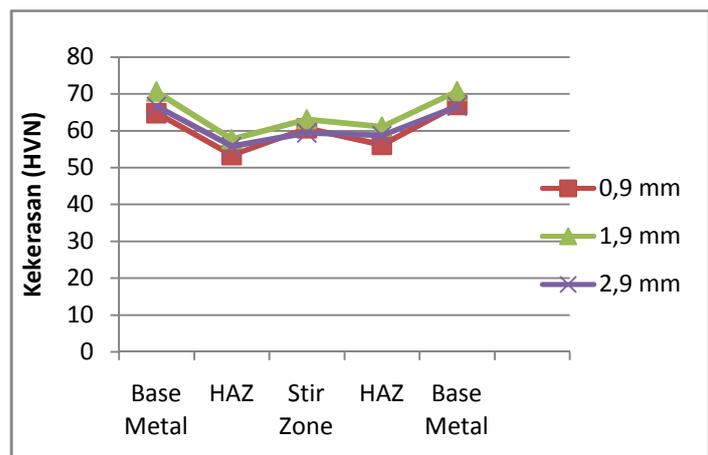
Pengujian kekerasan menggunakan alat *micro vickers hardness* dengan parameter sebagai berikut :

- Beban yang digunakan sebesar 200gf
- Waktu tahan selama 10 detik
- Jarak tiap titik uji 1mm
- Setiap daerah masing – masing 5 titik

Tabel 5. Data rata – rata hasil pengujian Vickers (HVN)

Dept plunge	Base metal	HAZ	Stir zone	HAZ	Base metal
0,9 mm	64,76	53,34	60,66	56,14	66,96
1,9 mm	70,58	57,7	63,12	61,08	70,72
2,9 mm	66,62	55,76	59,44	58,72	66,64

Dari data diatas dapat dibuat grafik antara variasi *depth plunge* dengan perubahan tingkat kekerasan material sambungan, berikut ini grafik hubungan tersebut :



Gambar 28. Grafik Uji Kekerasan (HVN)

PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Tarik

Dilihat dari tabel dan grafik hasil pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) dengan variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 0,9 mm mempunyai tegangan tarik rata – rata 160,75 MPa dan regangan rata – rata 2,2%. Pada variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 1,9 mm mempunyai tegangan tarik rata – rata 177,78 MPa dan regangan rata – rata 3,5%. Pada variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 2,9 mm mempunyai tegangan tarik rata – rata 173,02 MPa dan regangan rata – rata 3,92%. Sedangkan pada *base metal* mempunyai tegangan tarik rata – rata 220,08 MPa dan regangan rata – rata 4,06%.

Dari data pengujian tarik terlihat perbedaan tegangan tarik diantara variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 0,9mm, 1,9mm dan 2,9mm. Pada variasi kedalaman pembedaman 1,9 mm mempunyai tegangan tarik rata – rata paling tinggi yaitu 177,78 MPa dan tegangan tarik rata – rata paling rendah terjadi pada variasi kedalaman pembedaman 0,9 mm yaitu 160,75 MPa. Diduga hal ini terjadi karena proses pengadukan dan penempaan yang tepat pada variasi 1,9 mm, dimana pembedamannya tidak terlalu dalam dan tidak terlalu dangkal sehingga panas yang dihasilkan lebih stabil. Akan tetapi dari hasil semua proses pengelasan mengalami penurunan tegangan tariknya.

Dari keseluruhan pengujian yang dilakukan patah pada

spesimen uji rata – rata terjadi pada daerah pengelasan tetapi ada sebagian yang patah pada *base metal*. Patah dibagian *base metal* terjadi pada variasi kedalaman pembedaman 1,9 mm. Sedangkan pada variasi kedalaman pembedaman 0,9 mm dan 2,9 mm rata – rata patahan terjadi pada daerah pengelasan.

2. Hasil Foto Makro

Dari pengamatan foto makro terlihat semua spesimen pengelasan berhasil menyambung. Spesimen dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm terlihat bekas adukan hanya pada bagian atas dan bawah saja sedangkan dibagian tengah tidak terlihat adanya adukan pin. Spesimen dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm terlihat bekas adukan pin yang rata dan halus dan hampir tidak terlihat cacat ataupun rongga. Spesimen dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm terlihat bekas adukan yang merata, tetapi ada cacat seperti rongga pada daerah las dan ada bagian yang terlihat tidak menyatu pada *stir zone*.

3. Hasil Foto Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi akibat adanya proses pengelasan dengan metode *friction stir welding*, yaitu didaerah *stir zone*, HAZ dan *base metal*. Pada pengelasan *friction stir welding* paduan Al 5083 hanya terjadi penghalusan partikel – partikel pada daerah *stir zone* dan tidak terjadi perubahan fase karena pada pengelasan ini tidak menggunakan logam pengisi.

Analisa struktur mikro pada tiap bagian spesimen akan diterangkan lebih lanjut pada pembahasan berikut.

Struktur mikro pada *base metal* seperti yang ditunjukkan pada gambar 21.- 23., mempunyai bentuk pipih dan dan relatif seragam. Hal ini dikarenakan material Al 5083 merupakan salah satu jenis aluminium yang mengalami perlakuan *cold working* atau *strain hardening* di dalam proses pembuatannya. Perlakuan ini mendeformasi bentuk butir sampai ukuran tertentu melalui proses rol atau tekan sampai diperoleh kekuatan dan kekerasan yang diinginkan. Bentuk butir setelah mengalami *cold working* akan terdeformasi dan mengalami perpanjangan menjadi pipih sesuai dengan arah proses pengerjaannya.

Pada daerah HAZ terjadi perubahan bentuk struktur mikro, dapat dilihat pada gambar 24 - 26. bentuk strukturnya menjadi lebih kotak jika dibandingkan dengan base metal yang cenderung pipih atau lonjong. Hal ini terjadi karena pengaruh panas gesekan dari proses pengelasan. Sedangkan pada daerah *stir zone* sangat terlihat perubahannya, bentuk butiran menjadi lebih kecil dan susunannya menjadi rata. Hal ini terjadi karena pengaruh puntiran pin pada proses pengelasan.

4. Uji kekerasan

Dari data dan grafik diatas proses pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) dengan variasi kedalaman pembenaman (*depth plunge*) 1,9 mm memiliki

kekerasan paling tinggi dibandingkan dengan variasi yang lainnya. Hal ini terjadi karena variasi 1,9 mm memiliki kedalaman yang tepat, jadi tidak terlalu dangkal dan tidak terlalu dalam sehingga proses pengadukannya menjadi rata.

Pada grafik gambar 30. dapat dilihat bahwa trend dari *base metal*, HAZ dan *stir zone* menunjukkan penurunan kekerasan pada setiap variasi kedalaman pembenaman pin *tool*. Hal ini disebabkan pada pengelasan ini tidak dimasukkannya logam baru (*electrode*) pada saat pengelasan. Pada pengelasan busur adanya logam baru (*electrode*) dapat diatur tingkat mechanical propertiesnya sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengelasan *friction stir welding*, penyambungan logam dilakukan dengan gesekan dan adukan tanpa memasukkan logam baru diantara material. Dan hasil pengelasan pada daerah *stir zone* tentu saja tidak bisa melebihi kekuatan dari base metal. Sifat yang kurang baik dari proses ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat panas yang timbul. Penurunan nilai kekerasan pada daerah lasan, selain karena karakteristik dari paduan itu sendiri juga disebabkan karena proses pengerasan tidak bisa terjadi ketika proses pengelasan berlangsung.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian proses pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) yang telah dilakukan pada material Al 5083 dengan variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa tegangan tarik rata – rata untuk pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) dengan variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 0,9 mm adalah 160,75 MPa, untuk kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 1,9 mm adalah 177,78 MPa dan kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 2,9 mm adalah 173,02 MPa. Dengan hasil ini dapat diketahui tegangan tarik rata – rata tertinggi pada variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 1,9 mm dan tegangan tarik rata – rata terendah pada variasi kedalaman pembedaman (*depth plunge*) 0,9 mm.
2. Dari pengamatan foto makro terlihat bekas adukan yang tidak merata pada variasi kedalaman pembedaman 0,9 mm dan terjadi cacat rongga pada variasi kedalaman pembedaman 2,9 mm, hal inilah yang menyebabkan penurunan tegangan tarik dari kedua variasi tersebut.
3. Dari pengamatan foto mikro diketahui bahwa bentuk butir pada daerah *stir zone* menjadi lebih

halus dan merata yang disebabkan adanya proses puntiran pin pada saat pengelasan berlangsung.

4. Pengujian kekerasan menunjukkan daerah *stir zone* lebih lunak daripada logam induk (*base metal*). Sedangkan daerah HAZ mempunyai kekerasan paling rendah.

SARAN

Saran yang dapat diajukan agar percobaan berikutnya lebih baik dan menyempurnakan percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Memilih bentuk profil pin yang berulir supaya pengadukan lebih sempurna.
2. Perhatikan dalam proses pencekaman, cekam benda kerja sekuat mungkin karena dalam proses masuknya pin ke benda kerja memiliki getaran yang besar.
3. Pemilihan parameter pengelasan yang optimal supaya hasilnya baik dan efisien dalam waktu pelaksanaannya.
4. Perhatikan temperatur benda kerja pada saat proses pengelasan, karena perubahan temperatur sangat berpengaruh dalam pembentukan ikatan logamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Kumar, R.A., Varghese, S., Sivapragash, M., 2012, A Coparative Study Of The Mechanical Properties Of Single And Double Sided Friction Stir Welded Aluminium Joint, *Procedia Engineering* 38 (2012), p, 3951 – 3961.
- Mishra, R.S., Ma, Y.z, 2005, *Friction Stir Welding And Processing Materials Science and Engineering*, R 50: 1–78.
- Nurdiansyah, F., Soeweify, Zubaydi, A., 2012, Pengaruh Rpm Terhadap Kualitas Sambungan Dan Metalurgi Las Pada Joint Line Untuk Aluminium Seri 5083 Dengan Proses Friction Stir Welding, *Jurnal Teknik ITS Vol. 1 (September 2012)* p. G55 - G58.
- Rajakumar, S., Balasubramanian, V., 2012, *Correlation between weld nugget grain size, weld nugget hardness and tensile strength of friction stir welded commercial grade aluminium alloy joints*, *Materials and Design* 34: 242–251.
- Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000, *Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Sudrajat, A., 2012, "Analisa Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW)", Tugas Akhir S -1, Teknik Mesin Universitas Jember, Jember.
- Wijayanto, W., 2015, "Pengaruh Sudut Kemiringan *Tool* Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Sambungan Pelat Aa5083 Pada Proses *Friction Stir Welding*", Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Wiryosumarto, H., Okumura, T., 1994, *Teknologi Pengelasan Logam*, Cetakan Ke-6, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.